

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2004-039719

(43)Date of publication of application : 05.02.2004

(51)Int.Cl.

H01L 21/205
C23C 16/507
H01L 21/3065
H05H 1/46

(21)Application number : 2002-191829

(71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP
MIYAKE MASAJI
EBE AKINORI

(22)Date of filing : 01.07.2002

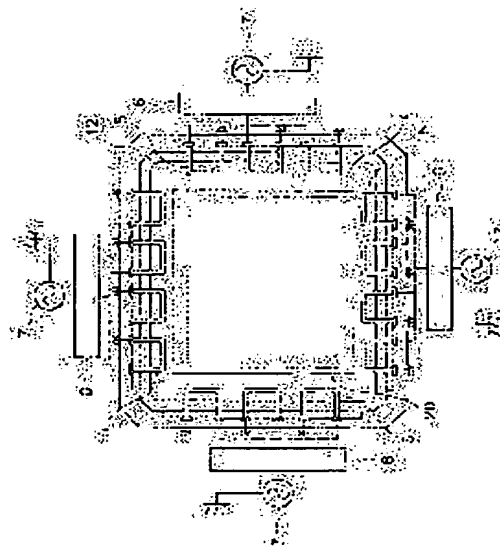
(72)Inventor : MIYAKE MASAJI
EBE AKINORI
SHIYOUJI TATSUO
SETSUHARA YUICHI

(54) PLASMA SYSTEM, PLASMA CONTROL METHOD, AND PLASMA PROCESSED SUBSTRATE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an induction coupling plasma system capable of stably generating a plasma of a large area.

SOLUTION: The induction coupling plasma system driven by high frequency discharge comprises two or more antennas 5 driven by high frequency power and provided in a vacuum chamber 1, two or more groups each having one or a plurality of antennas 5 grouped, and high frequency power supplies 7 corresponding to each of the groups. The high frequency power is supplied from the high frequency power supplies 7 in parallel to each of one or a plurality of antennas 5 belonging to its group in each group.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

01.07.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

12.04.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1]

In the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge,
It is the antenna to which high-frequency power is supplied, and has the antenna which carries out termination without covering a front face with an insulator and going a vacuum housing around, and consists of a linear or tabular conductor of the RF concerned shorter than four waves of die length 1/in two or more and a vacuum housing.

Plasma equipment characterized by things.

[Claim 2]

In the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge,
Two or more antennas to which high-frequency power is supplied are formed in a vacuum housing,
Each divides two or more antennas of a book into said two or more groups who consist of 1 or two or more antennas,
The RF generator corresponding to said group's each is prepared,
In said group's each, high-frequency power is supplied to juxtaposition from the RF generator prepared in each of 1 belonging to groups involved, or two or more antennas corresponding to groups involved.
Plasma equipment characterized by things.

[Claim 3]

tabular [with which the high-frequency power to each of said 1 or two or more antennas which correspond from each of said RF generator was formed in the exterior of said vacuum housing / of one sheet] -- it supplies with a conductor -- having
tabular [said] -- it is made for a conductor to become shorter than the die length whose distance with each of each, the point concerned supplying [RF], 1 corresponding, or two or more antennas is the 1/4 wave of a RF
Plasma equipment according to claim 2 characterized by things.

[Claim 4]

Termination of each of said antenna which are books is carried out without covering a front face with an insulator and going around, and it consists of a linear or tabular conductor of a RF shorter than four waves of die length 1/.

Plasma equipment according to claim 2 characterized by things.

[Claim 5]

The phase detector which is formed corresponding to each of said RF generator, and detects the phase of the RF supplied from a corresponding RF generator,
it is based on the result of the detection from each of said phase detector, and has the phase adjuster which adjusts the phase contrast of the RF between each of said RF generator
Plasma equipment according to claim 2 characterized by things.

[Claim 6]

In the plasma-control approach in the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge equipped with the antenna formed in the vacuum housing,
From each of the RF generator prepared so that it might correspond to each of two or more groups which each becomes from 1 or two or more antennas, power is supplied to juxtaposition at each of 1 or two or more antennas concerned,

By adjusting the high-frequency power supplied from each of said RF generator, the homogeneity of the plasma formed in said vacuum housing is controlled.

The plasma-control approach characterized by things.

[Claim 7]

The plasma state is controlled by changing the die length of the conductor in said vacuum housing of said antenna.

The plasma-control approach according to claim 6 characterized by things.

[Claim 8]

The plasma state is controlled by adjusting the phase contrast of the RF supplied from each of two or more of said RF generators.

The plasma-control approach according to claim 7 characterized by things.

[Claim 9]

Using the plasma generated using plasma equipment according to claim 1 or 2, using the plasma generated using the plasma-control approach according to claim 6, the thin film was formed or etching processing was performed.

The plasma treatment base characterized by things.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]

About plasma equipment, the plasma-control approach, and a plasma treatment base, especially this invention supplies the high frequency current to an antenna, generates high frequency electric field, generates the plasma by the electric field, and relates to the plasma equipment, the plasma-control approach, and plasma treatment base of the inductive-coupling method which carries out surface treatment, such as etching and thin film formation, to stability in the substrate side of a large area.

[0002]

[Description of the Prior Art]

In the field of the processor using the plasma of the dry etching system used by the production process of a semiconductor device or a liquid crystal display, an ashing device, plasma-CVD equipment, etc., etc., diameter-ization of macrostomia is demanded also for the source of the plasma of a processor with enlargement of a processing substrate in recent years. Moreover, on the other hand, in order to secure an etching rate, a membrane formation rate, and a throughput, the densification of the plasma under a high vacuum is demanded.

[0003]

Among these, in order to promote the excitation efficiency of the plasma about the densification of the plasma, the method of using a RF and generating inductively coupled plasma (Inductively Coupled Plasma, Following ICP and an abbreviated name) is adopted. ICP can make the coil for antenna excitation mainly able to generate induction field for the high frequency current in a vacuum by the sink and this, can generate the plasma, and can generate the high density plasma to homogeneity under a high vacuum.

[0004]

however, in the inductive-coupling mold plasma generator which installs a RF antenna in the wall surface by the side of the insulator septum of the conventional vacuum housing, or the atmospheric air of a top plate The thickness of an insulator must be sharply increased as the path of a discharge room becomes large. Moreover, since only the induction field component emitted to the field side which touches the insulator septum or top plate of a vacuum housing among the induction fields emitted from an antenna was used for maintaining a discharge, there was a problem that the use effectiveness of the high-frequency power switched on was bad.

[0005]

Then, previously, this invention person is plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge, and he has proposed the technique of dividing and forming the antenna concerned in two or more small antennas while he forms an antenna in a vacuum housing (JP,2001-35697,A). According to this, by using an internal antenna, it enabled it to use effectively all the induction fields emitted from an antenna, and the need using the septum and top plate of an insulator is abolished. Furthermore, although an internal antenna will tend to produce abnormality discharge if a big electrical potential difference is impressed, by dividing an antenna, it makes the inductance of each antenna small and makes it the structure which an antenna does not go around at least. Thereby, the diameter plasma of macrostomia of high density can be acquired, without being restricted to the configuration, aperture, and die length of a discharge room.

[0006]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]

By the way, if it thinks from the field of the practical use to a solar battery or a flat-surface display, the thin film

of the large area of 1 meter x 1 meter magnitude will be about required of higher crystallinity, higher homogeneity, and generating by high-speed membrane formation nature more. In this case, the source of the plasma is required to be the low voltage force much more, a high-density thing, to be low electron temperature, and to be a large area.

[0007]

This invention aims at offering the plasma equipment of the inductive-coupling method which can generate the plasma of a large area to stability.

[0008]

Moreover, this invention aims at offering the plasma-control approach of the inductive-coupling method which can generate the plasma of a large area to stability.

[0009]

Moreover, this invention aims at offering the plasma treatment base manufactured by the plasma equipment or the plasma-control approach of an inductive-coupling method which can generate the plasma of a large area to stability.

[0010]

[Means for Solving the Problem]

In the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge, the plasma equipment of this invention is an antenna to which high-frequency power is supplied, and is equipped with the antenna which carries out termination without covering a front face with an insulator and going a vacuum housing around, and consists of a linear or tabular conductor of the RF concerned shorter than four waves of die length $1/\text{in}$ two or more and a vacuum housing.

[0011]

The plasma equipment of this invention supplies high-frequency power to juxtaposition in the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge from the RF generator which formed two or more antennas to which high-frequency power is supplied in the vacuum housing, divided two or more antennas into two or more groups which each becomes from 1 or two or more antennas, prepared the RF generator corresponding to a group's each, and was prepared in each of 1 which belongs to groups involved in a group's each, or two or more antennas corresponding to groups involved.

[0012]

moreover, tabular [with which the high-frequency power to each of 1 or two or more antennas which correspond from each of an RF generator was preferably formed in the exterior of a vacuum housing in the plasma equipment of this invention / of one sheet] -- it supplies with a conductor -- having -- tabular -- it is made for a conductor to become shorter than the die length whose distance with each of each, the point concerned supplying [RF], 1 corresponding, or two or more antennas is the $1/4$ wave of a RF

[0013]

Moreover, preferably, in the plasma equipment of this invention, termination of each of two or more antennas is carried out without covering a front face with an insulator and going around, and it consists of a linear or tabular conductor of a RF shorter than four waves of die length $1/$.

[0014]

moreover, the plasma equipment of this invention is preferably equipped with the phase adjuster which is based on the result of the detection from each of the phase detector which detects the phase of the RF supplied from the RF generator which prepares and corresponds corresponding to each of an RF generator, and a phase detector, and adjusts the phase contrast of the RF between each of an RF generator.

[0015]

The plasma-control approach of this invention controls the homogeneity of the plasma which forms in a vacuum housing by adjusting the high-frequency power which supplies power to juxtaposition at each of 1 or two or more antennas concerned from each of the RF generator prepared so that it might correspond to each of two or more groups which each becomes from 1 or two or more antennas, and is supplied from each of an RF generator in the plasma-control approach in the plasma equipment of the inductive-coupling method by high frequency discharge equipped with the antenna formed in the vacuum housing.

[0016]

Moreover, the plasma state is controlled by setting to the plasma-control approach of this invention, and

changing the die length of the conductor in the vacuum housing of an antenna preferably.

[0017]

Moreover, the plasma state is controlled by adjusting preferably the phase contrast of the RF supplied from each of two or more RF generators in the plasma-control approach of this invention.

[0018]

Using the plasma which generated the plasma treatment base of this invention using the above plasma equipments, using the plasma generated using the above plasma-control approaches, a thin film is formed or etching processing is performed.

[0019]

[Embodiment of the Invention]

drawing 1 thru/or drawing 3 -- a plasma equipment configuration Fig. -- it is -- drawing 1 -- the configuration of the cross section of the plasma equipment of this invention -- being shown -- drawing 2 -- some plasma equipments of this invention -- the configuration of a cross section is shown and drawing 3 shows the outline of the configuration of the flat surface of the plasma equipment of this invention.

[0020]

As shown in drawing 3, as for the plasma equipment of this invention, a flat-surface configuration is equipped with the rectangular (rectangle) vacuum chamber (a vacuum housing or process chamber) 1. For example, a rectangular long side is 910mm (millimeter), and a shorter side is 780mm. In addition, height is 366mm and the vacuum chamber 1 is a rectangular parallelepiped mostly.

[0021]

From each of the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1, as shown in drawing 1 and drawing 3, the antenna 5 is introduced into the interior through the introductory flange 51. 14 antennas 5 are introduced in 3 and the sum total from 4 and two shorter sides from two long sides of the rectangular vacuum chamber 1. In an antenna 5, although the part exposed to a vacuum inside the vacuum chamber 1 does not carry out especially illustration, the front face is covered with an insulator. About this structure, insulator, etc., it is detailed to JP,2001-35697,A.

[0022]

As shown in drawing 3, each antenna 5 is a rectangle-like (or the shape of horseshoe-shaped or U character), goes around and carries out termination of the interior of the vacuum chamber 1, and consists of a small loop antenna which consists of a linear or tabular conductor shorter than the with a 1/4 wave die length of the RF impressed to this. Since the antenna 5 which does not go around can reduce the inductance sharply, it can control increase of the high-frequency voltage accompanying increase of high-frequency power. Moreover, since it is made shorter than the with a 1/4 wave die length of the RF concerned, it can prevent that a standing wave arises and can prevent that the homogeneity of the plasma is spoiled by the standing wave.

[0023]

Moreover, as shown in drawing 3, one high frequency (RF) power source 7 for plasma generating (excitation) is established every (every side) side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1, and is established four sets in total. The frequency of the RF which RF generator 7 outputs is 13.56MHz. From each RF generator 7, high-frequency power (current) is supplied to juxtaposition through the corresponding impedance matching box 6 to 3 or four corresponding antennas 5. Under the present circumstances, it is necessary to make it, as for branching to each antenna [impedance matching box / 6] 5, an impedance (for it to be especially resistance and an inductance) become small as much as possible.

[0024]

for this reason -- connection with the antenna 5 which corresponds to drawing 2 with RF generator 7 so that it may be shown -- tabular [of the rectangle of one sheet with fully wide width of face] -- a conductor 52 is used. tabular -- a conductor 52 is formed so that the side attachment wall 12 of each and the vacuum chamber 1 may be met, for example, it consists of a copper plate. tabular -- the width of face W of a conductor 52 is adjusted so that the distance (a dotted line shows to drawing 2) of the RF feeding point from an impedance matching box 6 and each antenna 5 (power branch point) may become shorter than the quarter-wave length of the RF concerned. for example, tabular -- the width of face W of a conductor 52 is 110mm, and die length (direction perpendicular to width of face W) is 650mm in a 850mm and **** side at a long side side.

[0025]

In addition, in drawing 2, with a circle [white] shows the end (input edge) and the other end (termination) of an antenna 5. The side which the dotted line which shows said distance has reached is an input edge, and another side is termination. For example, the distance of the input edge of one antenna 5 and termination is 150mm, and the distance of the adjoining antenna 5 is 100mm.

[0026]

High-frequency power is supplied to the end (input edge) of each antenna 5 from RF generator 7 in this way. The other end (termination) of each antenna 5 is connected to the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1. Thereby, since the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1 is grounded, the other end of each antenna 5 is grounded. In addition, you may make it insert the immobilization or the adjustable blocking capacitor (for example, electrostatic capacity of 400pF) which makes input one end of an antenna 5 float from touch-down (floating).

[0027]

In addition, one power supply unit consists of RF generators 7 (and tabular conductor) of 6 or 1 impedance matching box of two or more 5 or 1 antenna. Therefore, one power supply unit is prepared every side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1. However, you may make it prepare a power supply unit in the long side of the rectangular vacuum chamber 1 for example, at two pieces and one shorter side, without being restricted to this. Moreover, these numbers may be increased if needed.

[0028]

As shown in drawing 1, the substrate electrode holder 4 with which the port 3 for exhaust air for performing the exhaust air in the vacuum chamber 1 and the heater for substrate heating (not shown) were embedded is formed in the lower part of the vacuum chamber 1. Thereby, if the processing base (substrate) 20 is installed on the substrate electrode holder 4, plasma treatment can be performed, heating the processing substrate 20. The processing substrate 20 consists of various kinds of plastics or glass which fitted processing of a large area at low temperature. On the processing substrate 20, various thin films are formed using the plasma generated using the plasma equipment or the plasma-control approach of this invention, or etching processing is performed. Thereby, when various devices are formed using this, good electrical characteristics can be acquired.

[0029]

After generation of the plasma exhausts the vacuum chamber 1 from the port 3 for exhaust air to a predetermined degree of vacuum (for example, 1×10^{-4} to 4 Pa), it introduces the gas according to the purpose into the vacuum chamber 1 from the gas installation pipe 2, supplies high-frequency power to each antenna 5 from each RF generator 7 after that, and generates the plasma. About generation of the plasma by the RF electric supply to two or more antennas 5, it is detailed to JP,2001-35697,A.

[0030]

In drawing 1 thru/or the plasma equipment of drawing 3, when drawing 4 generates the argon (Ar) plasma (Ar quantity of gas flow: 50ccm, gas pressure: 1.33 Pa), it shows the result measured using the Langmuir probe method about the plasma state of the core (it is the location of 160mm to the vertical bottom from the wall of a top plate (head lining) 11) of the vacuum chamber 1. The langmuir probe was introduced using the introductory flange (not shown) prepared in the vacuum chamber 1, and measured the plasma state.

[0031]

Setting to drawing 4 (A), an axis of ordinate is the plasma potential **** and (volt;V) the floating potential V_f . It is (V) and an axis of abscissa is high-frequency power RFpower (watt;W). As shown in drawing 4 (A), it is the plasma potential ****. And floating potential V_f High-frequency power RFpower supplied to the antenna 5 A downward tendency is shown according to an increment. Setting to drawing 4 (B), an axis of ordinate is plasma ion density nickel. And electron density N_e and (cm⁻³) electron temperature T_e It is (eV) and an axis of abscissa is high-frequency power RFpower. It is (W). As shown in drawing 4 (B), it is plasma ion density nickel. And electron temperature N_e High-frequency power RFpower It depends and the increasing inclination is seen.

[0032]

Thus, it is in parallel with the antenna 5 which a large number do not go around, and the plasma of low plasma potential can be generated by the high density suitable for various kinds of plasma processes by supplying high-frequency power.

[0033]

Drawing 5 is the same conditions as drawing 4, and shows the result of similarly having measured the plasma homogeneity in the vacuum chamber 1 (it being the location of 195mm to the vertical bottom from the wall of a top plate 11) using the Langmuir probe method.

[0034]

The ion saturation current consistency ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$) obtained by the Langmuir probe method estimated plasma homogeneity. An ion saturation current consistency is a value equivalent to ion density. Drawing 5 shows the ion saturation current consistency of the plasma at the time of seeing the rectangular vacuum chamber 1 like drawing 3. In drawing 5 In addition, **1 **2 In order that ..., A and B, ..., etc. may make the dependency to the location of the plasma intelligible, it is the imagination grid shown in reference.

[0035]

the high-frequency power 1000 same from each of the RF (RF) power sources 7A, 7B, 7C, and 7D arranged on each side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1 at drawing 5 (A) -- the ion saturation current density distribution at the time of supplying every [W] is shown. In drawing 5 (A), the consistency of the antenna 5 neighborhood in the side attachment wall 12 of RF generators 7B and 7D with which three antennas 5 have been arranged is high, and it turns out that it is distribution (the center section became depressed) of an about U character mold.

[0036]

On the other hand, drawing 5 (B) shows the ion saturation current density distribution at the time of setting to 700W high-frequency power which switches on the high-frequency power switched on from RF generators 7A and 7C by which four antennas 5 have been arranged from RF generators 7B and 7D by which 1300W and three antennas 5 have been arranged. In drawing 5 R> 5 (B), compared with drawing 5 (A) shown previously, distribution of current density decreases and it turns out that it is the density distribution of the shape of a rectangle similar to the configuration of the vacuum chamber 1. And grid **2 - **4 And the field (for example, field of the central part of a base 20) of grid B-D can be made into the almost uniform plasma state.

[0037]

Thus, the homogeneity of the plasma is controllable by adjusting the high-frequency power switched on for every power supply unit. Moreover, the homogeneity of the plasma is realizable by adjusting so that the high-frequency power to the long side of the rectangular vacuum chamber 1 may become larger than that of a shorter side.

[0038]

Drawing 6 shows the configuration of plasma equipment equipped with the function to adjust further the phase contrast of the RF sent from RF generator 7 for every power supply unit, in drawing 1 thru/or the plasma equipment of drawing 3.

[0039]

With the plasma equipment shown in drawing 6, the wave detector (or phase detector) 8 is formed in each output side of the impedance matching box 6 arranged on the side attachment wall 12 of each vacuum chamber 1. The wave detector 8 incorporates the wave of the RF supplied to an antenna 5 at any time, and sends the wave signal to a phase adjuster 9. A phase adjuster 9 detects phase contrast with each correspondence ***** 7 from the incorporated wave signal, A phase control signal is sent to each RF generator 7 so that it may become the phase contrast set up beforehand based on the result. The phase contrast detected is the phase contrast of RF generator 7A and RF generator 7B, the phase contrast of RF generator 7B and RF generator 7C, and the phase contrast of RF generator 7C and RF generator 7D, when based on RF generator 7A. And according to each phase control signal, each RF generator 7 adjusts the phase of the RF to output, and carries out an oscillation output. Thereby, the phase contrast between each RF generator 7 is controllable.

[0040]

drawing 7 shows change of the plasma consistency in the argon plasma (quantity of gas flow: 50ccm, gas pressure: 1.33Pa, RFpower = 1000Wx4=4000W) when changing the phase contrast between each of RF generator 7 in the plasma equipment of drawing 6.

[0041]

In drawing 7, an axis of ordinate is the electron density N_e (cm^{-3}) of the plasma, and an axis of abscissa is the phase contrast (degree) of a RF. In addition, when phase contrast was 90 degrees and it is based on RF generator 7A, the phase contrast of RF generators 7A and 7B, the phase contrast of RF generators 7B and 7C,

and the phase contrast (therefore, phase contrast of RF generators 7D and 7A) of RF generators 7C and 7D are 90 degrees respectively. As shown in drawing 7, by changing phase contrast shows that a plasma consistency increases. It is thought that this originates in the thing with little interference between each RF for which power is efficiently supplied to the plasma when the phase contrast between the antennas 5 of each side becomes large. Moreover, when the phase between each side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1 has shifted, it is thought that the electronic acceleration between the antennas 5 in each side attachment wall 12 arises, consequently it is thought that a plasma consistency increases. And in the case of the rectangular vacuum chamber 1, it is thought that the phase contrast between four RF generators prepared in each wall surface 12 is desirable 90 degrees. The electronic acceleration between the antennas 5 in such each side attachment wall 12 changes with factors with various sizes of the configuration of an antenna 5, the distance between antennas 5, gas pressure, and the vacuum chamber 1 etc. Therefore, since it is thought that the optimal phase contrast exists each time, it adjusts so that it may become the optimal phase contrast concerned.

[0042]

Drawing 8 and drawing 9 show the outline of the configuration of the plasma equipment at the time of changing the configuration (lay length in alignment with the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1) of an antenna 5 in drawing 1 thru/or the plasma equipment of drawing 3. In addition, in drawing 8 and drawing 9, the expedient top of illustration and the substrate electrode holder 4 are omitted, and a dotted line shows the processing base 20.

[0043]

Drawing 8 (A) is an antenna 5 respectively from the side attachment wall 12 of each vacuum chamber 1, 3 or 4. It is the example introduced a total of 14 (equivalent to drawing 1 thru/or drawing 3). Moreover, drawing 8 (B) is the example which introduced a total of eight of two antennas 5 which lengthened side-attachment-wall 12 lay length of the vacuum chamber 1 of an antenna 5 from each of a side attachment wall 12. Drawing 9 shows the example which introduced a total of four of one antenna 5 with the still larger side-attachment-wall 12 lay length of the vacuum chamber 1 from each of a side attachment wall 12. Thus, if the die length of an antenna 5 is enlarged, the inductance of antenna 5 the very thing will become large. Moreover, when the number of the antenna 5 connected to juxtaposition becomes fewer, the high-frequency power supplied to per one becomes large. therefore, the conductor in the vacuum chamber 1 of an antenna 5 -- the condition of the plasma is controllable by adjusting the die length of a part.

[0044]

Drawing 10 shows change of the amplitude (this is the central value showing extent [plasma] of fluctuation) of the plasma potential at the time of generating Ar plasma (quantity of gas flow: 50ccm, gas pressure: 1.33Pa, RFpower = $1000 \times 4 = 4000\text{W}$) in the case of the configuration of the antennas 5 of drawing 8 and drawing 9, and floating potential.

[0045]

In drawing 10, an axis of ordinate is the amplitude (V) of plasma potential and floating potential, and an axis of abscissa is an antenna configuration. In addition, in an antenna configuration, Antenna A is the antenna configuration of drawing 8 (A), Antenna B is the antenna configuration of drawing 8 (B), and Antenna C is the antenna configuration of drawing 9. In drawing 10, the case where side-attachment-wall 12 lay length of the vacuum chamber 1 of an antenna 5 is enlarged is known by that the amplitude of plasma potential and floating potential becomes large. Moreover, the inclination for the die length of an antenna 5 to become large, so that a plasma consistency also becomes large was seen at this time.

[0046]

When the inductance of an antenna 5 increases change of the plasma state accompanying the configuration of such an antenna 5 with the increment in antenna 5 die length and electric power is supplied in high-frequency power, it is thought that it originates in the potential generated at an antenna 5 having become large, consequently it is thought that the amplitude of plasma potential or floating potential became large. Plasma potential becomes large and, especially as for the plasma equipment with the configuration of an antenna 5 like Antenna C (drawing 9), the amplitude of floating potential becomes large. For this reason, although we are anxious about the ion damage in a plasma process, it is effective when, generating the high gas plasma of ionization energy, such as hydrogen and helium, on the other hand. Thus, the configuration of an antenna 5 can be changed in accordance with the purpose and type of gas of plasma production, and the plasma state can be

controlled by the plasma equipment of this invention.

[0047]

As mentioned above, although the mode of the operation explained this invention, various deformation is possible for this invention within the limits of the main point.

[0048]

For example, the flat-surface configuration of the vacuum chamber 1 may not be a rectangle, and may be circular. In this case, respectively, two or more antennas 5 are the radii (it shall dissociate and insulate mutually) carried out n division into equal parts, and let a concentric circle smaller than the inner circumference of the circular vacuum chamber 1 be the radii of the RF concerned shorter 1/than four waves of die length. Moreover, two or more RF generators 7 are formed.

[0049]

Furthermore, as m RF generators 7 are formed, you may control to shift a sequential phase so that the vacuum chamber 1 may be carried out 1 round and 360 degrees of phases may shift. In this case, m should just be the divisor (10 for example, 2-6, 8- 12) of 360 (degree).

[0050]

Moreover, you may make it introduce two or more antennas 5 from the top plate 11 of the vacuum chamber 1 not only in addition to the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1 but this. In this case, one or more RF generators 7 to two or more antennas 5 introduced from the top plate 11 are formed.

[0051]

Moreover, in drawing 1 thru/or drawing 3 , and the plasma equipment of drawing 6 , the uniformity of a plasma consistency can be further raised by adding suitable field generating means, such as attaching the permanent magnet of a multi-cusp mold in accordance with the outer wall of the side attachment wall 12 of the vacuum chamber 1.

[0052]

[Effect of the Invention]

Since according to this invention termination of the antenna is gone around and carried out and it is made shorter than the with a 1/4 wave die length of the RF concerned in plasma equipment as explained above, the inductance of an antenna can be reduced sharply, and increase of high-frequency voltage can be controlled, and it can prevent that prevent generating of a standing wave and the homogeneity of the plasma is spoiled, and the good plasma can be acquired.

[0053]

Moreover, since according to this invention high-frequency power is supplied to juxtaposition and controlled at two or more antennas in plasma equipment from the RF generator prepared for every power supply unit, it is high-density and the plasma of low plasma potential can be mostly generated to homogeneity.

[0054]

Moreover, since according to this invention high-frequency power is supplied to juxtaposition and controlled at two or more antennas in the plasma-control approach from the RF generator prepared for every power supply unit, it is high-density and the plasma of low plasma potential can be mostly generated to homogeneity.

[0055]

Moreover, since according to this invention a thin film is formed in a plasma treatment base using the plasma generated using the above plasma equipments or the plasma-control approach or etching processing is performed, when this is used, good electrical characteristics can be acquired.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the plasma equipment configuration Fig. of this invention, and the cross-section structure is shown.

[Drawing 2] the plasma equipment configuration Fig. of this invention -- it is -- the part -- cross-section structure is shown.

[Drawing 3] It is the plasma equipment configuration Fig. of this invention, and the planar structure is shown.

[Drawing 4] The result measured about the plasma state of the vacuum chamber core of the plasma equipment of this invention is shown.

[Drawing 5] The result of having measured the plasma homogeneity in the vacuum chamber of the plasma equipment of this invention is shown.

[Drawing 6] The schematic diagram of the plasma equipment possessing the function to adjust the phase contrast of the RF sent from each of an RF generator is shown.

[Drawing 7] Change of the plasma consistency in the argon plasma when changing the phase contrast between [each] RF generators is shown.

[Drawing 8] The schematic diagram of the plasma equipment at the time of changing an antenna configuration is shown.

[Drawing 9] The schematic diagram of the plasma equipment at the time of changing an antenna configuration is shown.

[Drawing 10] Change of the amplitude of the plasma potential in the case of each antenna configuration and floating potential is shown.

[Description of Notations]

1 Vacuum Chamber

2 Gas Installation Pipe

3 Port for Exhaust Air

4 Substrate Electrode Holder

5 Antenna

6 Impedance Matching Box

7 RF Generator

8 Wave Detector

9 Phase Adjuster

[Translation done.]

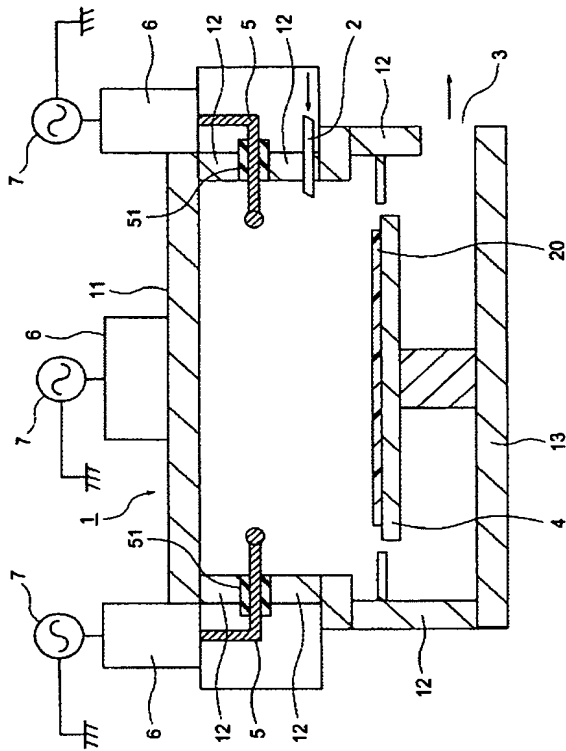
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

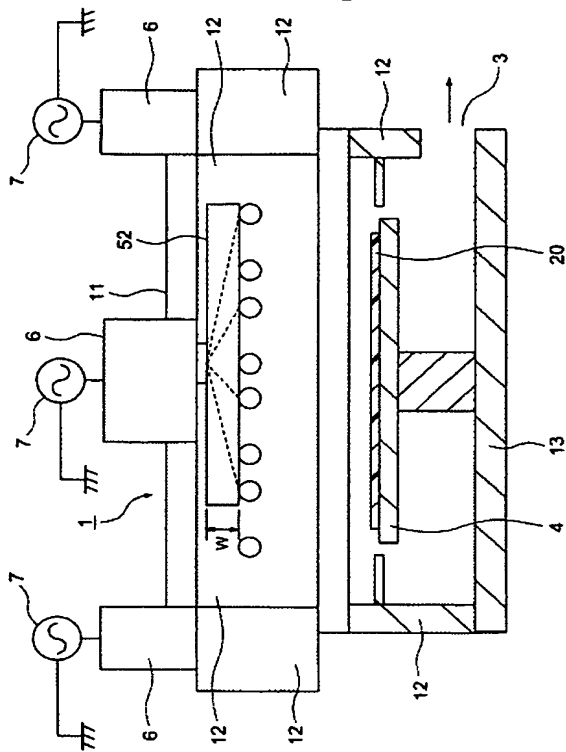
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

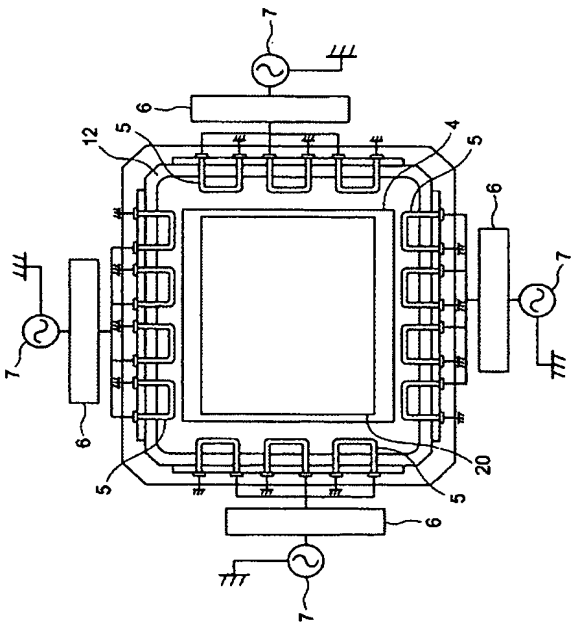
[Drawing 1]



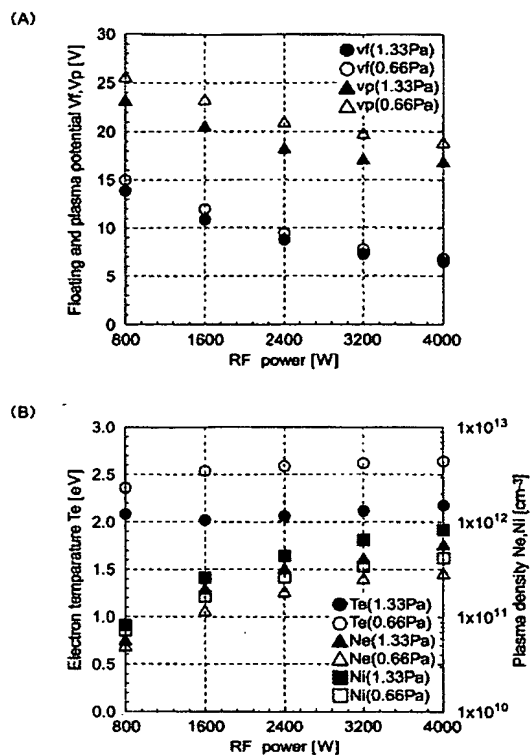
[Drawing 2]



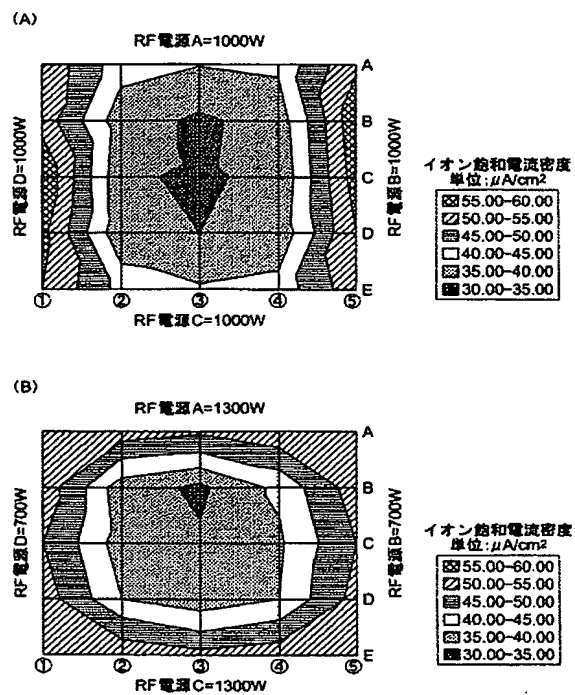
[Drawing 3]



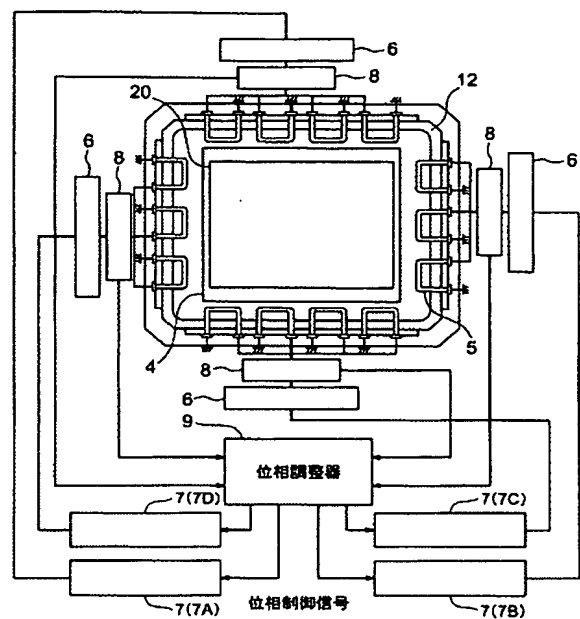
[Drawing 4]



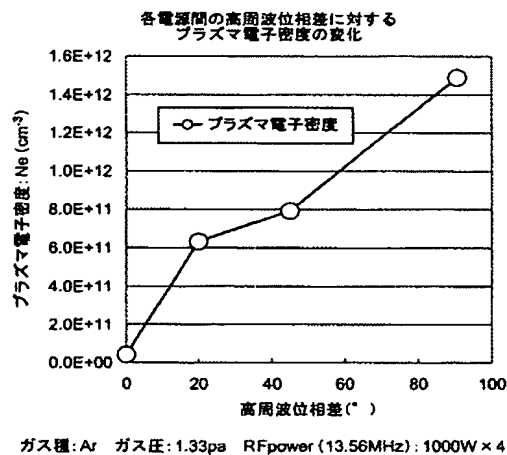
[Drawing 5]



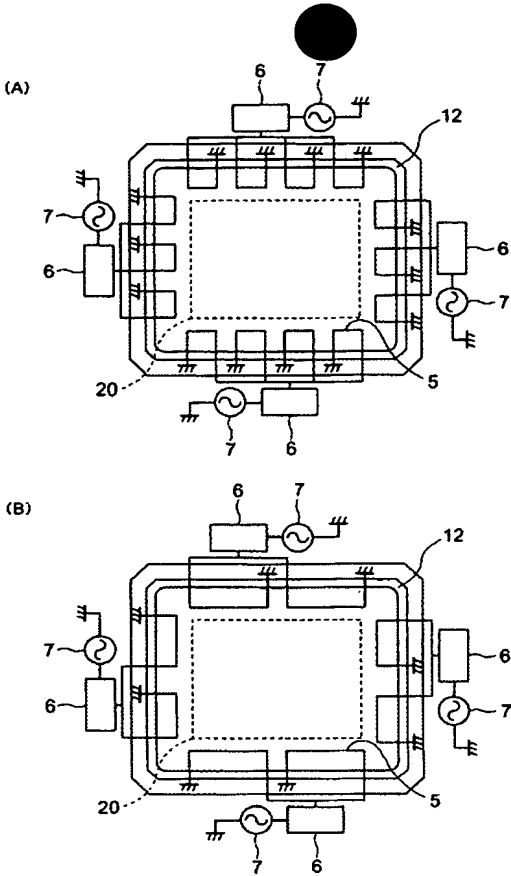
[Drawing 6]



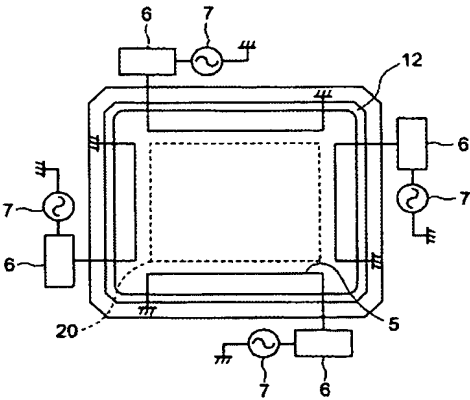
[Drawing 7]



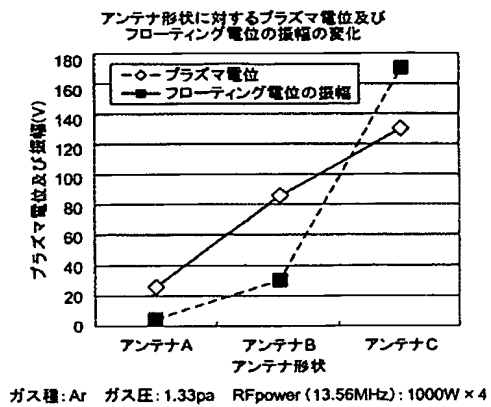
[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Drawing 10]



[Translation done.]

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-39719

(P2004-39719A)

(43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)

(51) Int. Cl.⁷

F I

テーマコード (参考)

H 0 1 L 21/205

H 0 1 L 21/205

4 K 0 3 0

C 2 3 C 16/507

C 2 3 C 16/507

5 F 0 0 4

H 0 1 L 21/3065

H 0 5 H 1/46 L

5 F 0 4 5

H 0 5 H 1/46

H 0 1 L 21/302 I O 1 C

審査請求 有 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2002-191829 (P2002-191829)

(22) 出願日 平成14年7月1日 (2002.7.1)

特許法第30条第1項適用申請有り 2002年5月1日
株式会社化学工業社発行の「ケミカル エンジニアリング 2002年5月号 第47巻 第5号」に発表

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(71) 出願人 502237515

三宅 正司

大阪府吹田市青葉丘南8番 P-505

(71) 出願人 502236437

江部 明憲

京都府京都市右京区西院清水町12-1

ブリオール京都西院402

(74) 代理人 100111822

弁理士 渡部 章彦

(72) 発明者 三宅 正司

大阪府吹田市青葉丘南8番 P-505

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ装置、プラズマ制御方法及びプラズマ処理基体

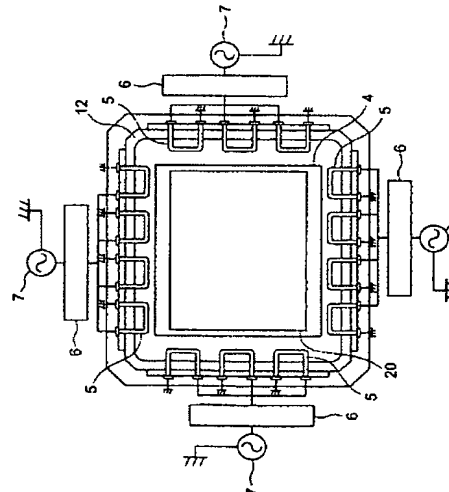
(57) 【要約】

【課題】本発明は、プラズマ装置に関し、大面積のプラズマを安定に生成することができる誘導結合方式のプラズマ装置を提供することを目的とする。

【解決手段】プラズマ装置は、高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置において、高周波電力を供給される複数本のアンテナ5を真空チャンバー1内に設け、複数本のアンテナ5を各々が1又は複数のアンテナ5からなる複数のグループに分け、グループの各々に対応する高周波電源7を設け、グループの各々においてそのグループに属する1又は複数のアンテナ5の各々にそのグループに対応して設けられた高周波電源7から高周波電力を並列に供給する。

【選択図】

図3



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置において、
高周波電力を供給されるアンテナであって、表面が絶縁体で被覆され真空容器を周回しないで終端し当該高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短い線状又は板状の導体からなるアンテナを、複数本、真空容器内に備える
ことを特徴とするプラズマ装置。

【請求項 2】

高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置において、
高周波電力を供給される複数本のアンテナを真空容器内に設け、
前記複数本のアンテナを、各々が 1 又は複数のアンテナからなる複数のグループに分け、
前記グループの各々に対応する高周波電源を設け、
前記グループの各々において、当該グループに属する 1 又は複数のアンテナの各々に、当該グループに対応して設けられた高周波電源から高周波電力を並列に供給する
ことを特徴とするプラズマ装置。

10

【請求項 3】

前記高周波電源の各々から対応する前記 1 又は複数のアンテナの各々への高周波電力は、
前記真空容器の外部に設けられた 1 枚の板状導体により供給され、
前記板状導体は、各々、当該高周波供給点と対応する 1 又は複数のアンテナの各々との距離が高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短くなるようにされる
ことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ装置。

20

【請求項 4】

前記複数本のアンテナの各々は、表面が絶縁体で被覆され周回しないで終端し高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短い線状又は板状の導体からなる
ことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ装置。

【請求項 5】

前記高周波電源の各々に対応して設けられ、対応する高周波電源から供給される高周波の位相を検出する位相検出器と、
前記位相検出器の各々からの検出の結果に基づいて、前記高周波電源の各々の間における高周波の位相差を調整する位相調整器を備える
ことを特徴とする請求項 2 に記載のプラズマ装置。

30

【請求項 6】

真空容器内に設けられたアンテナを備える高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置におけるプラズマ制御方法において、
各々が 1 又は複数のアンテナからなる複数のグループの各々に対応するように設けられた高周波電源の各々から、当該 1 又は複数のアンテナの各々に、電力を並列に供給し、
前記高周波電源の各々から供給する高周波電力を調整することにより、前記真空容器内に形成するプラズマの均一性を制御する
ことを特徴とするプラズマ制御方法。

【請求項 7】

前記アンテナの前記真空容器内における導体の長さを変えることにより、プラズマ状態を制御する
ことを特徴とする請求項 6 に記載のプラズマ制御方法。

40

【請求項 8】

前記複数の高周波電源の各々から供給する高周波の位相差を調整することにより、プラズマ状態を制御する
ことを特徴とする請求項 7 に記載のプラズマ制御方法。

【請求項 9】

請求項 1 又は請求項 2 に記載のプラズマ装置を用いて生成したプラズマを用いて、又は、
請求項 6 に記載のプラズマ制御方法を用いて生成したプラズマを用いて、薄膜が形成され

50

又はエッチング加工が施したことを特徴とするプラズマ処理基体。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、プラズマ装置、プラズマ制御方法及びプラズマ処理基体に関し、特に、アンテナに高周波電流を供給して高周波電界を発生させ、その電界によりプラズマを発生して、大面積の基板面にエッチングや薄膜形成等の表面処理を安定に行う誘導結合方式のプラズマ装置、プラズマ制御方法及びプラズマ処理基体に関する。

【 0 0 0 2 】

10

【従来の技術】

半導体デバイスや液晶ディスプレイの製造工程で使用されるドライエッチング装置やアッシング装置、プラズマCVD装置等のプラズマを用いた処理装置の分野においては、近年の処理基板の大型化に伴い、処理装置のプラズマ源も大口径化が要求されている。また、一方では、エッチングレートや成膜速度、スループットを確保するため、高真空下でのプラズマの高密度化が要求されている。

【 0 0 0 3 】

このうち、プラズマの高密度化に関しては、プラズマの励起効率を促進するために、高周波を用いて誘導結合プラズマ (Inductively Coupled Plasma、以下ICPと略称) を発生させる方法が採用されている。ICPは主としてアンテナ励起用コイルに高周波電流を流し、これによって真空中に誘導電磁界を発生させ、プラズマを生成するものであり、高真空下において高密度プラズマを均一に生成することができる。

20

【 0 0 0 4 】

しかし、従来の真空容器の絶縁体隔壁又は天板の大気側の壁面に高周波アンテナを設置する誘導結合型プラズマ発生装置では、放電室の径が大きくなるにつれ絶縁体の厚みを大幅に増大させなければならず、またアンテナから放射される誘導電界の内、真空容器の絶縁体隔壁又は天板に接する面の側に放射される誘導電界成分のみしか放電維持に利用されないため、投入される高周波電力の利用効率が悪いという問題があった。

【 0 0 0 5 】

30

そこで、本発明者は、先に、高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置であって、アンテナを真空容器内に設けると共に、当該アンテナを複数本の小さいアンテナに分割して設ける技術を提案している (特開2001-35697号公報)。これによれば、内部アンテナを用いることにより、アンテナから放射される誘導電界の全てを有効利用できるようにし、絶縁体の隔壁や天板を用いる必要をなくしている。更に、内部アンテナは大きな電圧が印加されると異常放電を生じやすいが、アンテナを分割することにより個々のアンテナのインダクタンスを小さくして、少なくともアンテナが周回しない構造としている。これにより、放電室の形状や口径および長さに制限されることなく、高密度の大口径プラズマを得ることができる。

【 0 0 0 6 】

40

【発明が解決しようとする課題】

ところで、太陽電池や平面ディスプレイへの実用という面から考えると、およそ1メートル×1メートルの大きさの大面積の薄膜を、より高い結晶性、より高い均質性、より高速の成膜性で生成することが要求される。この場合、プラズマ源には、より一層低圧力であること、高密度であること、低電子温度であること、大面積であることが要求される。

【 0 0 0 7 】

本発明は、大面積のプラズマを安定に生成することができる誘導結合方式のプラズマ装置を提供することを目的とする。

【 0 0 0 8 】

また、本発明は、大面積のプラズマを安定に生成することができる誘導結合方式のプラズ

50

マ制御方法を提供することを目的とする。

【 0 0 0 9 】

また、本発明は、大面積のプラズマを安定に生成することができる誘導結合方式のプラズマ装置又はプラズマ制御方法により製造したプラズマ処理基体を提供することを目的とする。

【 0 0 1 0 】

【課題を解決するための手段】

本発明のプラズマ装置は、高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置において、高周波電力を供給されるアンテナであって、表面が絶縁体で被覆され真空容器を周回しないで終端し当該高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短い線状又は板状の導体からなるアンテナを、複数本、真空容器内に備える。

10

【 0 0 1 1 】

本発明のプラズマ装置は、高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置において、高周波電力を供給される複数本のアンテナを真空容器内に設け、複数本のアンテナを各々が1又は複数のアンテナからなる複数のグループに分け、グループの各々に対応する高周波電源を設け、グループの各々において当該グループに属する1又は複数のアンテナの各々に当該グループに対応して設けられた高周波電源から高周波電力を並列に供給する。

【 0 0 1 2 】

また、好ましくは、本発明のプラズマ装置においては、高周波電源の各々から対応する1又は複数のアンテナの各々への高周波電力は真空容器の外部に設けられた1枚の板状導体により供給され、板状導体は、各々、当該高周波供給点と対応する1又は複数のアンテナの各々との距離が高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短くなるようにされる。

20

【 0 0 1 3 】

また、好ましくは、本発明のプラズマ装置においては、複数本のアンテナの各々は表面が絶縁体で被覆され周回しないで終端し高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短い線状又は板状の導体からなる。

【 0 0 1 4 】

また、好ましくは、本発明のプラズマ装置は、高周波電源の各々に対応して設けられ対応する高周波電源から供給される高周波の位相を検出する位相検出器と、位相検出器の各々からの検出の結果に基づいて高周波電源の各々の間における高周波の位相差を調整する位相調整器を備える。

30

【 0 0 1 5 】

本発明のプラズマ制御方法は、真空容器内に設けられたアンテナを備える高周波放電による誘導結合方式のプラズマ装置におけるプラズマ制御方法において、各々が1又は複数のアンテナからなる複数のグループの各々に対応するように設けられた高周波電源の各々から当該1又は複数のアンテナの各々に電力を並列に供給し、高周波電源の各々から供給する高周波電力を調整することにより真空容器内に形成するプラズマの均一性を制御する。

【 0 0 1 6 】

また、好ましくは、本発明のプラズマ制御方法においては、アンテナの真空容器内における導体の長さを変えることにより、プラズマ状態を制御する。

40

【 0 0 1 7 】

また、好ましくは、本発明のプラズマ制御方法においては、複数の高周波電源の各々から供給する高周波の位相差を調整することにより、プラズマ状態を制御する。

【 0 0 1 8 】

本発明のプラズマ処理基体は、前述のようなプラズマ装置を用いて生成したプラズマを用いて、又は、前述のようなプラズマ制御方法を用いて生成したプラズマを用いて、薄膜が形成され又はエッチング加工が施されている。

【 0 0 1 9 】

【発明の実施の形態】

図1乃至図3は、プラズマ装置構成図であり、図1は本発明のプラズマ装置の断面の構成

50

を示し、図 2 は本発明のプラズマ装置の一部断面の構成を示し、図 3 は本発明のプラズマ装置の平面の構成の概略を示す。

【 0 0 2 0 】

本発明のプラズマ装置は、図 3 に示すように、平面形状が矩形（長方形）の真空チャンバー（真空容器又はプロセスチェンバー）1 を備える。例えば、矩形の長辺が 9 1 0 m m（ミリメートル）で、短辺が 7 8 0 m m である。なお、高さは 3 6 6 m m であり、真空チャンバー 1 はほぼ直方体である。

【 0 0 2 1 】

真空チャンバー 1 の側壁 1 2 の各々より、図 1 及び図 3 に示すように、導入フランジ 5 1 を介して、アンテナ 5 を内部に導入している。矩形の真空チャンバー 1 の 2 つの長辺から 4 本、2 つの短辺から 3 本、合計で 1 4 本のアンテナ 5 が導入される。アンテナ 5 において、真空チャンバー 1 の内部で真空に晒される部分は、特に図示はしないが、その表面を絶縁体で被覆される。この構造及び絶縁体等については、特開 2 0 0 1 - 3 5 6 9 7 号公報に詳しい。

【 0 0 2 2 】

各々のアンテナ 5 は、図 3 に示すように、矩形状（又はコの字状あるいは U 字状）であって、真空チャンバー 1 の内部を周回せず終端し、これに印加される高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短い線状又は板状の導体からなる小型のループアンテナからなる。周回しないアンテナ 5 は、そのインダクタンスを大幅に低減できるので、高周波電力の増大に伴う高周波電圧の増大を抑制することができる。また、当該高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短くされるので、定在波が生じることを防止して、定在波によりプラズマの均一性が損なわれることを防止することができる。

【 0 0 2 3 】

また、プラズマ発生（励起）用の高周波（RF）電源 7 は、図 3 に示すように、真空チャンバー 1 の側壁 1 2 毎（辺毎）に 1 台設けられ、合計で 4 台設けられる。高周波電源 7 の出力する高周波の周波数は、例えば 1 3 . 5 6 M H z である。各々の高周波電源 7 から、対応する 3 本もしくは 4 本のアンテナ 5 へ、対応するインピーダンス整合器 6 を介して、高周波電力（電流）を、並列に供給する。この際、インピーダンス整合器 6 から個々のアンテナ 5 への分岐は、できるだけインピーダンス（特に抵抗とインダクタンス）が小さくなるようにする必要がある。

【 0 0 2 4 】

このために、図 2 に示すように、高周波電源 7 と対応するアンテナ 5 との接続には、十分に幅の広い 1 枚の矩形の板状導体 5 2 を用いる。板状導体 5 2 は、各々、真空チャンバー 1 の側壁 1 2 に沿うように設けられ、例えば銅板からなる。板状導体 5 2 の幅 W は、インピーダンス整合器 6 から高周波給電点と各アンテナ 5（電力分岐点）との距離（図 2 に点線で示す）が、当該高周波の $1/4$ 波長よりも短くなるように調整される。例えば、板状導体 5 2 の幅 W は 1 1 0 m m であり、長さ（幅 W と垂直の方向）は長辺側で 8 5 0 m m、端辺側で 6 5 0 m m である。

【 0 0 2 5 】

なお、図 2 において、アンテナ 5 の一端（入力端）及び他端（終端）を、白丸で示す。前記距離を示す点線が到達している側が入力端であり、他方が終端である。例えば、1 個のアンテナ 5 の入力端と終端との距離は 1 5 0 m m であり、隣接するアンテナ 5 の距離は 1 0 0 m m である。

【 0 0 2 6 】

各々のアンテナ 5 の一端（入力端）には、このように高周波電源 7 から高周波電力が供給される。各々のアンテナ 5 の他端（終端）は、例えば、真空チャンバー 1 の側壁 1 2 に接続される。これにより、真空チャンバー 1 の側壁 1 2 は接地されているので、各々のアンテナ 5 の他端が接地される。なお、アンテナ 5 の入力端側に、接地から浮遊（フローティング）させる固定又は可変のブロッキングコンデンサ（例えば、4 0 0 p F の静電容量）を挿入するようにしてもよい。

【0027】

なお、複数本のアンテナ5、1個のインピーダンス整合器6、1個の高周波電源7（及び、板状導体）で、1個の電源ユニットを構成する。従って、真空チャンバー1の側壁12毎に1個の電源ユニットを設けている。しかし、これに限られることなく、例えば、電源ユニットを矩形の真空チャンバー1の長辺に2個、短辺に1個設けるようにしてもよい。また、必要に応じて、これらの個数を増やしてもよい。

【0028】

真空チャンバー1の下部には、図1に示すように、真空チャンバー1内の排気を行う為の排気用ポート3と基板加熱用のヒータ（図示せず）が埋め込まれた基板ホルダー4が設けられる。これにより、基板ホルダー4上に処理基板（基板）20を設置すると、処理基板20の加熱を行いながらプラズマ処理を行うことができる。処理基板20は、例えば低温で大面積の処理に適した各種のプラスチック又はガラスからなる。処理基板20上には、本発明のプラズマ装置又はプラズマ制御方法を用いて生成したプラズマを用いて、種々の薄膜が形成され又はエッチング加工が施される。これにより、これを用いて種々のデバイスを形成した場合、良好な電気的特性を得ることができる。

【0029】

プラズマの生成は、排気用ポート3から所定の真空度（例えば、 1×10^{-4} Pa）まで真空チャンバー1を排気した後、ガス導入パイプ2から目的に応じたガスを真空チャンバー1に導入し、その後、各高周波電源7から各アンテナ5へ高周波電力を供給し、プラズマを発生させる。複数のアンテナ5への高周波給電によるプラズマの生成については、特開2001-35697号公報に詳しい。

【0030】

図4は、図1乃至図3のプラズマ装置において、アルゴン（Ar）プラズマ（Arガス流量：50 ccm、ガス圧：1.33 Pa）を生成した際、真空チャンバー1の中心部（例えば、天板（天井）11の内壁から鉛直下側へ160 mmの位置）のプラズマ状態についてラングミュアプローブ法を用いて計測した結果を示す。ラングミュアプローブは、真空チャンバー1に設けられている導入フランジ（図示せず）を用いて導入し、プラズマ状態を計測した。

【0031】

図4（A）において、縦軸はプラズマ電位 V_p （ボルト；V）及びフローティング電位 V_f （V）であり、横軸は高周波電力 $RF\ power$ （ワット；W）である。図4（A）に示されるように、プラズマ電位 V_p 及びフローティング電位 V_f は、アンテナ5に投入した高周波電力 $RF\ power$ の増加に応じて減少傾向を示す。図4（B）において、縦軸はプラズマイオン密度 N_i 及び電子密度 N_e （ cm^{-3} ）及び電子温度 T_e （eV）であり、横軸は高周波電力 $RF\ power$ （W）である。図4（B）に示されるように、プラズマイオン密度 N_i 及び電子温度 N_e は、高周波電力 $RF\ power$ に依存して増加する傾向が見られる。

【0032】

このように、多数の周回しないアンテナ5に並列で高周波電力を供給することにより、各種のプラズマプロセスに適した高密度で低プラズマ電位のプラズマを生成することができる。

【0033】

図5は、図4と同様の条件で、同じくラングミュアプローブ法を用いて真空チャンバー1内（の例えば天板11の内壁から鉛直下側へ195 mmの位置）のプラズマ均一性を計測した結果を示す。

【0034】

プラズマ均一性は、ラングミュアプローブ法で得たイオン飽和電流密度（ $\mu A/cm^2$ ）にて評価した。イオン飽和電流密度はイオン密度に相当する値である。図5は、矩形の真空チャンバー1を図3のように見た場合におけるプラズマのイオン飽和電流密度を示す。なお、図5において、▲1▼、▲2▼、・・・、A、B、・・・等はプラズマの位置へ

の依存性を判りやすくするために参考を示した仮想的なグリッドがある。

【0035】

図5(A)には、真空チャンパー1の各側壁12に配置された高周波(RF)電源7A、7B、7C及び7Dの各々から同一の高周波電力1000Wずつを投入した場合における、イオン飽和電流密度分布を示す。図5(A)では、3本のアンテナ5が配置された高周波電源7B及び7Dの側壁12におけるアンテナ5付近の密度が高く、ほぼU字型の(中央部の窪んだ)分布となっていることが判る。

【0036】

一方、図5(B)では4本のアンテナ5が配置された高周波電源7A及び7Cから投入する高周波電力を1300W、3本のアンテナ5が配置された高周波電源7B及び7Dから投入する高周波電力を700Wとした場合における、イオン飽和電流密度分布を示す。図5(B)では、先に示した図5(A)に比べ、電流密度の分布は少なくなり、真空チャンパー1の形状に類似した矩形状の密度分布となっていることが判る。そして、グリッド▲2▼～▲4▼及びグリッドB～Dの領域(例えば、基体20の中央部分の領域)を、ほぼ均一なプラズマ状態とすることができる。

【0037】

このように、電源ユニット毎に投入する高周波電力を調整することにより、プラズマの均一性を制御することができる。また、矩形の真空チャンパー1の長辺への高周波電力が短辺のそれよりも大きくなるように調整することにより、プラズマの均一性を実現することができる。

【0038】

図6は、図1乃至図3のプラズマ装置において、更に、各電源ユニット毎に高周波電源7から発信される高周波の位相差を調節する機能を備えるプラズマ装置の構成を示す。

【0039】

図6に示すプラズマ装置では、各真空チャンパー1の側壁12に配置したインピーダンス整合器6の各々の出力側に波形検出器(又は位相検出器)8が設けられる。波形検出器8は、アンテナ5へ供給される高周波の波形を随時取り込み、その波形信号を位相調整器9へ送る。位相調整器9は、取り込んだ波形信号から各々の対応す高周波電源7との位相差を検出し、その結果に基づいて、予め設定した位相差になるように各高周波電源7に位相制御信号を送る。検出される位相差は、高周波電源7Aを基準とした場合、高周波電源7Aと高周波電源7Bの位相差、高周波電源7Bと高周波電源7Cの位相差、高周波電源7Cと高周波電源7Dの位相差である。そして、各高周波電源7は、各々の位相制御信号に従って、出力する高周波の位相を調整し発振出力する。これにより、各高周波電源7の間における位相差を制御することができる。

【0040】

図7は、図6のプラズマ装置において、高周波電源7の各々の間の位相差を変化させた時のアルゴンプラズマ(ガス流量: 50ccm、ガス圧: 1.33Pa、RFpower = 1000W×4 = 4000W)におけるプラズマ密度の変化を示す。

【0041】

図7において、縦軸はプラズマの電子密度 N_e (cm^{-3})であり、横軸は高周波の位相差($^\circ$)である。なお、位相差が 90° であれば、高周波電源7Aを基準とした場合、高周波電源7Aと7Bの位相差、高周波電源7Bと7Cの位相差、高周波電源7Cと7Dの位相差(従って、高周波電源7Dと7Aの位相差)が、各々、 90° である。図7に示されるように、位相差を変化させることにより、プラズマ密度が増加することが判る。これは、各面のアンテナ5間の位相差が大きくなることにより、各高周波間の干渉が少ない効率良くプラズマへ電力が供給されることに起因すると考えられる。また、真空チャンパー1の各側壁12の間の位相がずれていることにより、各側壁12におけるアンテナ5間での電子加速が生じると考えられ、その結果、プラズマ密度が増加すると考えられる。そして、矩形の真空チャンパー1の場合、各々の壁面12に設けた4個の高周波電源の間の位相差は 90° が好ましいと考えられる。このような各側壁12におけるアンテナ5間にお

ける電子加速はアンテナ5の形状やアンテナ5間距離、ガス圧、真空チャンバー1のサイズ等の様々な要因によって変化する。従って、その都度、最適な位相差が存在すると考えられるので、当該最適な位相差となるように調整する。

【 0 0 4 2 】

図8及び図9は、図1乃至図3のプラズマ装置において、アンテナ5の形状（真空チャンバー1の側壁12に沿った方向の長さ）を変化させた際のプラズマ装置の構成の概略を示す。なお、図8及び図9において、図示の便宜上、基板ホルダー4を省略し、処理基体20を点線で示す。

【 0 0 4 3 】

図8（A）は、アンテナ5を各真空チャンバー1の側壁12から各々3本もしくは4本、
合計14本導入した例である（図1乃至図3に相当）。また、図8（B）は、アンテナ5の真空チャンバー1の側壁12方向の長さを長くしたアンテナ5を側壁12の各々から2本、合計8本導入した例である。図9は、更に、真空チャンバー1の側壁12方向の長さが大きいアンテナ5を側壁12の各々から1本、合計4本導入した例を示す。このように、アンテナ5の長さを大きくすると、アンテナ5自体のインダクタンスが大きくなる。また、並列に接続されるアンテナ5の本数が減ることにより、1本当りに供給される高周波電力は大きくなる。従って、アンテナ5の真空チャンバー1内の導体部分の長さを調整することにより、プラズマの状態を制御することができる。

【 0 0 4 4 】

図10は、図8及び図9の各々のアンテナ5の形状の場合において、Arプラズマ（ガス
流量：50ccm、ガス圧：1.33Pa、RFpower = 1000 × 4 = 4000W）を生成した場合における、プラズマ電位及びフローティング電位の振幅（これはプラズマの揺らぎの程度を表す代表値である）の変化を示す。

【 0 0 4 5 】

図10において、縦軸はプラズマ電位及びフローティング電位の振幅（V）であり、横軸はアンテナ形状である。なお、アンテナ形状において、アンテナAは図8（A）のアンテナ形状であり、アンテナBは図8（B）のアンテナ形状であり、アンテナCは図9のアンテナ形状である。図10では、アンテナ5の真空チャンバー1の側壁12方向の長さを大きくした場合ほど、プラズマ電位及びフローティング電位の振幅が大きくなることが判る。また、この時プラズマ密度もアンテナ5の長さが大きくなる程、大きくなる傾向が見られた。

【 0 0 4 6 】

このようなアンテナ5の形状に伴うプラズマ状態の変化は、アンテナ5長さの増加に伴いアンテナ5のインダクタンスが増加し、高周波電力を給電した際にアンテナ5に発生する電位が大きくなったことに起因すると考えられ、その結果、プラズマ電位やフローティング電位の振幅が大きくなったと考えられる。特に、アンテナC（図9）のようなアンテナ5の形状を持つプラズマ装置は、プラズマ電位が大きくなり、フローティング電位の振幅が大きくなる。このため、プラズマプロセス中のイオンダメージが懸念されるが、一方、水素やヘリウムなどイオン化エネルギーの高いガスプラズマを生成する場合には有効である。このように、本発明のプラズマ装置では、プラズマ生成の目的やガス種にあわせてアンテナ5の形状を変化させ、プラズマ状態を制御することができる。

【 0 0 4 7 】

以上、本発明をその実施の態様により説明したが、本発明は、その主旨の範囲内において、種々の変形が可能である。

【 0 0 4 8 】

例えば、真空チャンバー1の平面形状は、矩形ではなく、円形であってもよい。この場合、複数本のアンテナ5は、各々、円形の真空チャンバー1の内周より小さい同心円をn等分した円弧（相互に分離及び絶縁されているものとする）であって、当該高周波の1/4波長の長さよりも短い円弧とされる。また、高周波電源7は、複数個設けられる。

【 0 0 4 9 】

更に、高周波電源 7 を m 個設けるようにして、真空チャンバー 1 周して位相が 360° ずれるように順次位相をずらすように制御してもよい。この場合、 m は 360° の約数（例えば、 $2 \sim 6$ 、 $8 \sim 10$ 、 12 ）であればよい。

【0050】

また、複数本のアンテナ 5 は、真空チャンバー 1 の側壁 12 のみでなく、これに加えて真空チャンバー 1 の天板 11 から導入するようにしてもよい。この場合、天板 11 から導入した複数本のアンテナ 5 に対する高周波電源 7 は、1 個又は複数個設けられる。

【0051】

また、図 1 乃至図 3、図 6 のプラズマ装置において、真空チャンバー 1 の側壁 12 の外壁に沿ってマルチカスプ型の永久磁石を取り付ける等、適当な磁界発生手段を付加することによって、プラズマ密度の一様性をさらに向上させることができる。 10

【0052】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、プラズマ装置において、アンテナを周回せず終端し当該高周波の $1/4$ 波長の長さよりも短くしているので、アンテナのインダクタンスを大幅に低減して高周波電圧の増大を抑制し、また、定在波の発生を防いでプラズマの均一性が損なわれることを防止し、良好なプラズマを得ることができる。

【0053】

また、本発明によれば、プラズマ装置において、電源ユニット毎に設けた高周波電源から高周波電力を複数のアンテナに並列に供給し制御するので、高密度で低プラズマ電位のプラズマをほぼ均一に生成することができる。 20

【0054】

また、本発明によれば、プラズマ制御方法において、電源ユニット毎に設けた高周波電源から高周波電力を複数のアンテナに並列に供給し制御するので、高密度で低プラズマ電位のプラズマをほぼ均一に生成することができる。

【0055】

また、本発明によれば、プラズマ処理基体において、前述のようなプラズマ装置又はプラズマ制御方法を用いて生成したプラズマを用いて薄膜が形成され又はエッチング加工が施されているので、これを用いた場合に良好な電気的特性を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

30

【図 1】本発明のプラズマ装置構成図であり、その断面構造を示す。

【図 2】本発明のプラズマ装置構成図であり、その一部断面構造を示す。

【図 3】本発明のプラズマ装置構成図であり、その平面構造を示す。

【図 4】本発明のプラズマ装置の真空チャンバー中心部のプラズマ状態について計測した結果を示す。

【図 5】本発明のプラズマ装置の真空チャンバー内のプラズマ均一性を計測した結果を示す。

【図 6】高周波電源の各々から発信される高周波の位相差を調節する機能を具備したプラズマ装置の概略図を示す。

【図 7】高周波電源の各々の間の位相差を変化させた時のアルゴンプラズマにおけるプラズマ密度の変化を示す。 40

【図 8】アンテナ形状を変化させた際のプラズマ装置の概略図を示す。

【図 9】アンテナ形状を変化させた際のプラズマ装置の概略図を示す。

【図 10】それぞれのアンテナ形状の場合におけるプラズマ電位及びフローティング電位の振幅の変化を示す。

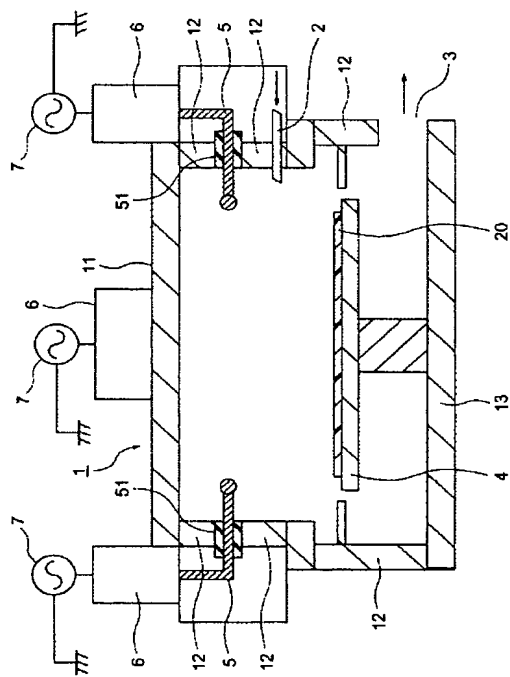
【符号の説明】

- 1 真空チャンバー
- 2 ガス導入パイプ
- 3 排気用ポート
- 4 基板ホルダー

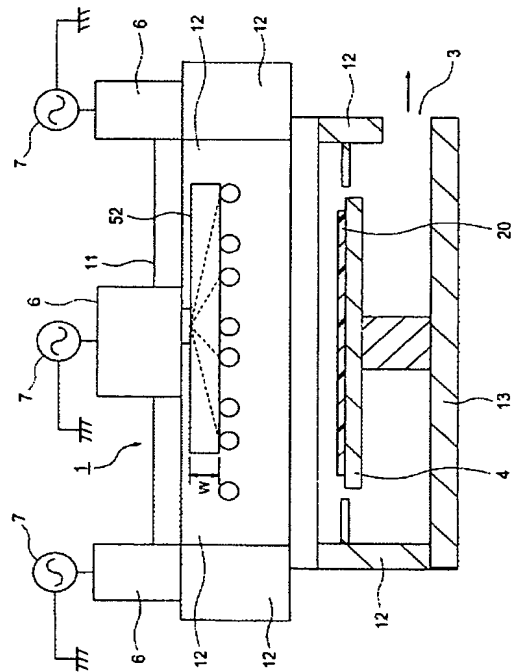
50

- 5 アンテナ
- 6 インピーダンス整合器
- 7 高周波電源
- 8 波形検出器
- 9 位相調整器

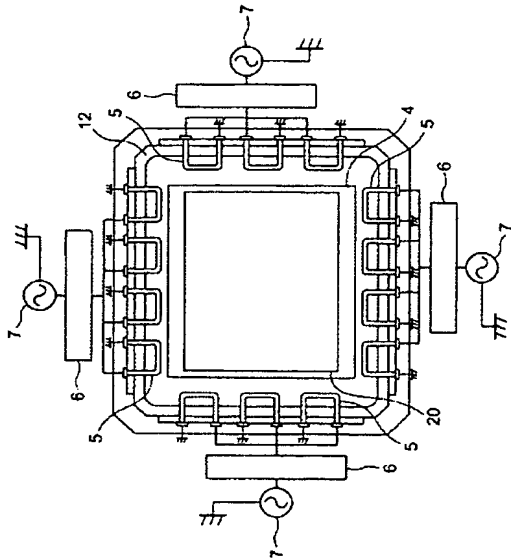
【 図 1 】



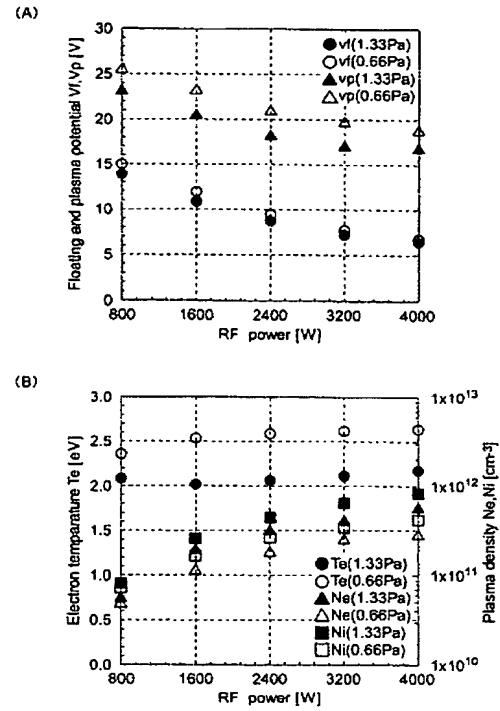
【 図 2 】



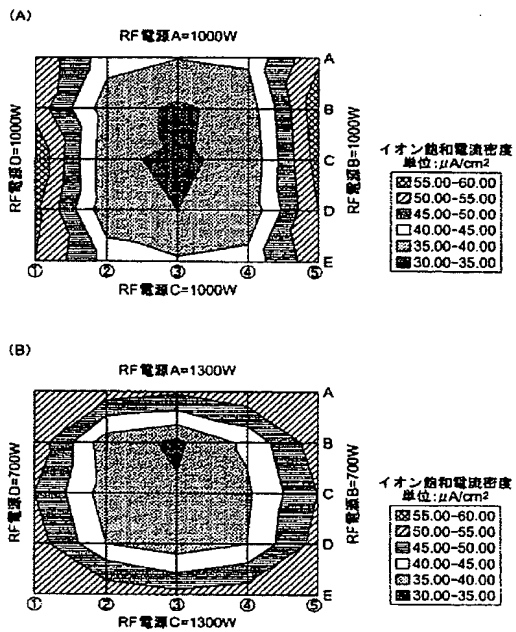
【 図 3 】



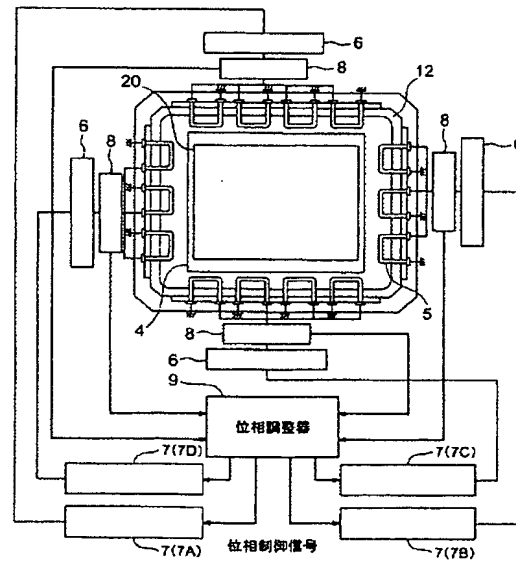
【 図 4 】



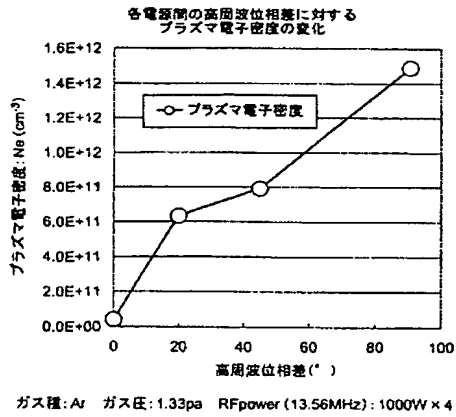
【 図 5 】



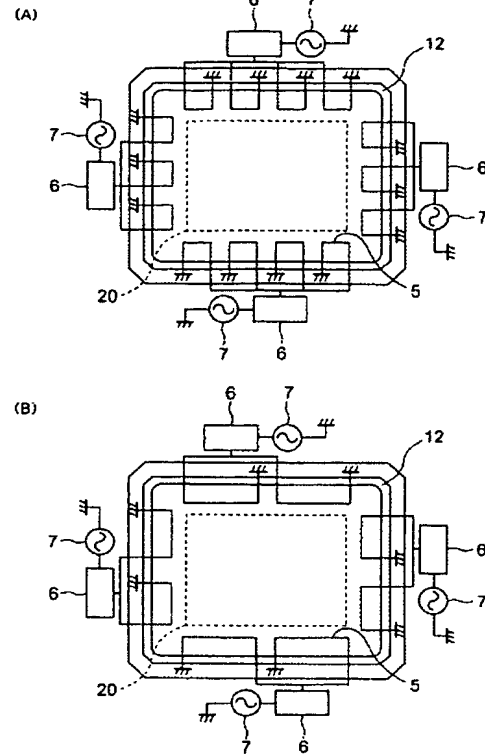
【 図 6 】



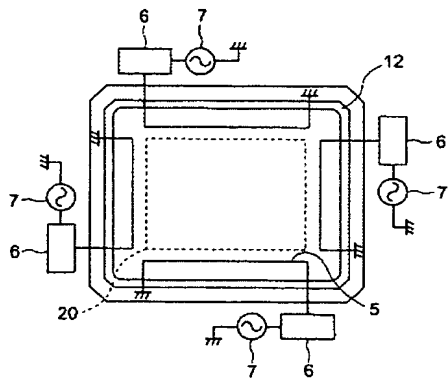
【 図 7 】



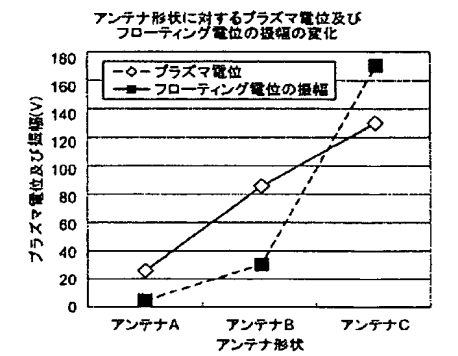
【 図 8 】



【 図 9 】



【 図 10 】



フロントページの続き

(72)発明者 江部 明憲

京都府右京区西院清水町 1 2 - 1 プリオーレ京都西院 4 0 2

(72)発明者 庄司 多津男

愛知県名古屋市長久区松月町 2 - 4 5 メゾン松月 2 0 2

(72)発明者 節原 裕一

大阪府箕面市小野原東 3 - 1 1 - 1 5 - 2 4 5

F ターム(参考) 4K030 FA04 KA15 KA30 KA47

5F004 BA20 BB32 BD01 BD04 CA03

5F045 AA08 DP04 EH02 EH04 EH11 EH19

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.